

## 基于本体的产品色彩意象知识表达

张新新<sup>1</sup>, 杨明刚<sup>1</sup>, 张书涛<sup>2</sup>, 邱凯<sup>2</sup>

(1.华东理工大学, 上海 200237; 2.兰州理工大学, 兰州 730050)

**摘要:** **目的** 针对产品意象认知研究中色彩要素的重要性, 基于本体论并结合感性工学的技术方法, 构建了产品色彩意象本体, 实现色彩意象知识的表达。**方法** 通过对产品色彩意象本体概念的解析, 使用语意差异法和 KJ 法挖掘用户的色彩感性需求, 完成产品色彩意象概念的提取; 应用混合聚类算法探索各色彩意象之间的层次关系, 依据色度学原理分析产品的色彩特征, 并获取设计要素及其类目; 结合用户色彩意象感性评价值, 运用数量化 I 类计算各色彩意象与设计要素、类目间的关联。**结果** 根据研究结果构建产品色彩意象本体模型, 用以高效指导产品色彩意象设计。**结论** 以三厢轿车的色彩意象研究为例展开研究, 可较好地实现汽车色彩意象知识的提取、表达与重用, 为汽车色彩设计的知识获取开拓新思路。

**关键词:** 工业设计; 本体论; 感性工学; 产品色彩意象; 知识表达

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)08-0041-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.08.007

## Knowledge Expression of Product Color Image Based on Ontology

ZHANG Xin-xin<sup>1</sup>, YANG Ming-gang<sup>1</sup>, ZHANG Shu-tao<sup>2</sup>, QIU Kai<sup>2</sup>

(1.East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China;

2.Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

**ABSTRACT:** Focusing on the importance of color elements in product image cognition research, the product color image ontology is constructed to realize the expression of color image knowledge by applying the technical methods of ontology and kansei engineering. First of all, the method of Semantic Differential and KJ method are used to mine the user's color sensitivity needs by analyzing the concept product color image ontology. Then, the hybrid clustering algorithm is applied to explore the hierarchical relationship between the various color images, and the color characteristics of the product containing the design elements and categories are analyzed according to the principle of colorimetry. Finally, combined with the user's color image sensitivity evaluation value, the Quantification-I theory is taken to calculate the association between various color images and design elements and categories. According to the above research results, the product color image ontology model is constructed to effectively guide the product color image design. The sedan is carried out as an example to obtain the color image knowledge of cars, which may open up new ideas for the knowledge acquisition for automotive color design open up new ideas for the acquisition of knowledge in automobile color design.

**KEY WORDS:** industrial design; ontology; kansei engineering; product color image; knowledge expression

顾客在挑选商品时会根据自身对每种颜色的情感效价进行商品色彩的选择<sup>[1]</sup>。色彩作为产品视觉系统中最重要的特征之一<sup>[2]</sup>, 其所表征的不仅仅是视觉上的美感, 还蕴含着人们的生理和心理需求<sup>[3]</sup>。信息化的今天, 伴随感性信息研究的深入, 色彩意象认知

过程并不仅仅是量化色彩与心理认知语义之间关系的简单“公式”, 而是包含各种影响色彩感知因素的、非线性的“混沌”系统, 其过程一般难以进行编码与度量。在产品色彩设计过程中, 为便于有效地利用其蕴含的情感力量, 提升产品的市场竞争力, 需对复杂

收稿日期: 2018-12-29

作者简介: 张新新(1991—), 女, 河北人, 华东理工大学博士生, 主要研究方向为工业设计、感性工学、设计管理等。

的产品色彩意象认知过程进行深入研究。卢章平等<sup>[4]</sup>通过色彩意象与语义词汇关系图的绘制,从理性角度探析色彩设计与意象认知的内在关联性;丁田妹等<sup>[5]</sup>基于粗糙集理论获取消费者的感知规则,进而指导产品色彩设计。但由于用户情感需求信息的复杂模糊性,产品的色彩设计过程多是设计师依据用户的色彩感性需求和自身的主观判断以及行业经验三方面因素进行,与用户真实的感性需求存有差异,且设计知识冗杂,不便于快速提取。基于此,为缩小设计师与用户之间的色彩感性认知的差距,快速获取用户的色彩需求知识,基于本体论结合感性工学的技术方法,来挖掘用户的色彩意象认知机理,建立其与产品色彩特征之间的逻辑关系。根据本体自身的关联关系来表征用户的色彩感性需求,高效辅助设计师进行产品色彩意象设计。

## 1 产品色彩意象

产品色彩意象产生于用户的产品色彩认知过程,是通过自身视觉感官通道对色彩感性需求获取与再创造的结果。它能充分表达用户的色彩感性需求,是设计师理解用户色彩情感的重要媒介。由视觉注意力机制可知,在用户和产品的视觉信息交流中,产品的色彩信息所占比例约为80%,产品造型所占比例约为20%<sup>[6]</sup>。色彩在满足用户情感需求、提高产品附加值以及竞争力等方面具有直接诉之于情感的巨大力量。李江泳<sup>[7]</sup>针对企业品牌识别中色彩的重要性,探索了工程机械产品色彩设计的程序方法;Fumiyo Takahashi等<sup>[8]</sup>通过情感词汇和面部表情的刺激,解析了色彩与情绪之间的关联性。通过挖掘产品色彩意象与色彩特征之间的关联性,可有效指导满足市场需求的产品色彩研发,缩短研发周期。

## 2 产品色彩意象本体

起源于哲学范畴的本体论常用于阐释存在及其本质<sup>[9]</sup>、探究世界本原和基质<sup>[10]</sup>,是一套为了表明语言间内在关联机制而设计的逻辑公理<sup>[11]</sup>。在产品领域,本体论主要被应用于构建产品的功能知识模型。陈星宇等<sup>[12]</sup>基于本体论实现了大数据下用户感性需求知识的表征,便于快速提取与重用。胡浩等<sup>[13]</sup>基于意象移植建立了产品风格本体模型,从产品的意象、材料、色彩等方面实现了产品设计中的风格提取与重用。通过获取产品的相关知识,确定可共同理解的描述词汇,并从不同层次应用一种明晰的形式化表达方式完成人、产品和应用程序三者之间的概念语义交流,实现产品设计知识的共享及重用,提高产品设计的研发效率。但在目前已有的本体论的应用研究中,关于产品色彩意象的研究较少。为实现产品色彩意象知识的高效表达与重用,基于本体论的知识表征

优势,借鉴其在产品功能知识研究中的思路与方法,以二元组的描述方法对产品色彩意象概念进行定义,完成产品色彩意象知识的逻辑量化:

$$PCIO = \{PCIK, PCIR\} \quad (1)$$

式中:  $PCIO$ ——产品色彩意象本体;  $PCIK$ ——产品色彩意象概念的集合,包含产品色彩意象的语义描述和色彩特征两类;  $PCIR$ ——概念间关系的集合。

## 3 构建产品色彩意象本体模型

产品色彩意象本体模型是指应用本体语言对色彩意象概念以及概念之间的关系进行描述的方法。通过此方法实现知识的逻辑化表征,便于存储与提取。基于式(1)进行产品色彩意象语义描述、色彩特征以及两者间关联性的析取,以此构建产品色彩意象本体模型,具体研究流程见图1。

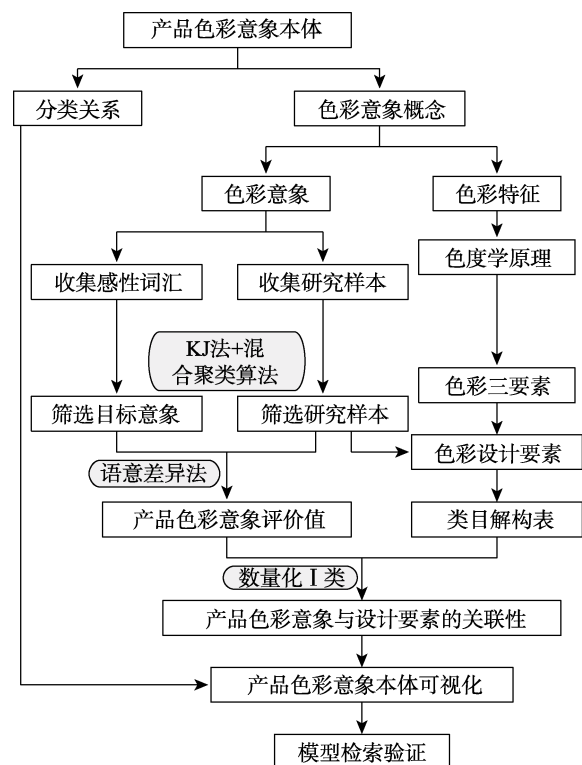


图1 产品色彩意象本体模型构建流程  
Fig.1 The construction process of product color image ontology model

### 3.1 产品色彩意象的量化提取

首先,应用KJ法、混合聚类算法等方法获取产品色彩意象集  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_d\}$ , 研究样本集  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_h\}$ ; 然后应用语意差异法量化用户的色彩感性需求, 获取产品色彩意象评价矩阵  $X$ :

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1d} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2d} \\ \vdots & \vdots & x_{ij} & \vdots \\ x_{h1} & x_{h2} & \cdots & x_{hd} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中： $x_{ij}$ ——第  $i$  个样本的第  $j$  项色彩意象评价价值。

### 3.2 产品色彩意象与色彩设计要素之间的关联计算

根据色度学原理中色彩的三要素,解构研究样本的色彩特征,提取并归纳出色彩的设计要素项目  $r$  及其类目  $t$ 。结合式(2),依据数量化 I 类理论进行产品色彩意象与设计要素间的关联表达。假设样本主色彩特征共有  $m$  项色彩设计要素,第  $r$  个色彩设计要素的类目为  $L_r$ ,则对所有研究样本而言, $\delta_i(r,t)$  ( $r=1,2,\dots,m;t=1,2,\dots,L_r$ )表示第  $i$  个样本中出现的是第  $r$  项色彩设计要素的第  $t$  类目。由此,该产品色彩意象与色彩设计要素之间的映射关系为:

$$\delta_i(r,t) = \begin{cases} 1(\text{第}i\text{个样本中,第}r\text{项色彩设计要素的定性描述为第}t\text{类目}) \\ 0(\text{其他}) \end{cases} \quad (3)$$

建立数学模型:

$$\mu_i = \sum_{r=1}^m \sum_{t=1}^{L_r} \delta_i(r,t) O_{rt} + \varepsilon_i \quad (4)$$

式中： $O_{rt}$ ——仅依赖于  $r$  色彩设计要素之  $t$  类目的系数； $\varepsilon_i$ ——第  $i$  次抽样中的随机误差。

计算式(4),复相关系数越接近 1 表示该模型精度越高;偏相关系数与标准系数分别表示第  $r$  项色彩设计要素以及第  $r$  项色彩设计要素的第  $t$  个类目在产品某色彩意象中的权重。在产品色彩研发中,应较多考虑偏相关系数、标准系数较大的设计要素和类目。

### 3.3 产品色彩意象本体的可视化

应用本体视觉表达工具 Protégé 实现色彩意象本体的可视化。通过构建包含产品色彩意象词汇、色彩

特征以及两者之间关联性的本体模型,实现产品色彩设计知识的明晰化表达,直观地呈现出产品色彩意象知识的存储与检索,见图 2。

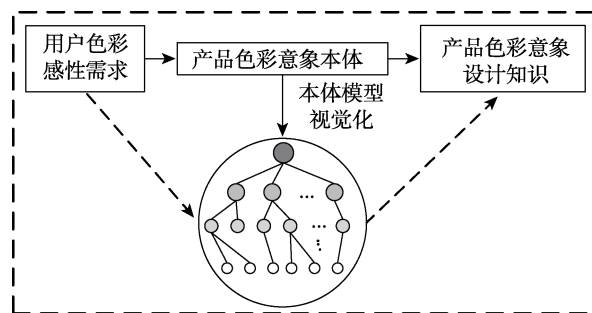


图 2 本体模型的可视化  
Fig.2 Visualization of the ontology model

## 4 实例研究

### 4.1 确定目标意象和研究样本

文中以三厢轿车为例展开研究,依据 2015—2018 年主流车品牌度排行榜<sup>[14]</sup>以及 2015—2017 年满意度排行榜<sup>[15]</sup>的数据,从两项指标排名均为前十的 7 款汽车品牌中综合挑选研究样本。首先,从 7 款品牌官网初步搜集 36 张汽车图片和 27 对描述汽车色彩意象的形容词;其次,根据产品色彩的相似性进行专家讨论筛选得到 24 个研究样本,见图 3。然后,通过 KJ 法和混合聚类算法,应用相似度分析数据,选取 6 组汽车色彩意象词汇:保守的-时尚的、拘谨的-大气的、粗犷的-精致的、稳重的-动感的、朴实的-豪华的、锐利的-柔和的。最后,运用语意差异法,基于 24 个研究样本和 6 组汽车色彩意象词汇,展开 SD 调查问卷,发放问卷 25 份,共收回有效问卷 22 份,其中女性 13 人,男性 9 人,得到汽车色彩意象评价价值。



图 3 研究样本  
Fig.3 The research samples

### 4.2 汽车色彩特征解构

常见的色彩模式有 3 种: RGB、CMYK 和 HSB。其中,RGB 色彩模式无法直观给出每个色值的分量,故选择比 RGB 模式更能准确感知颜色,并仍保持计

算简单的 HSB 模式。它是基于人眼的一种颜色模式,其中 H(Hue)代表色相( $0^\circ\sim 360^\circ$ ); S(Saturation)代表饱和度( $0\%\sim 100\%$ ); B(Brightness)代表亮度( $0\%\sim 100\%$ )。由于汽车色彩以及其配色的复杂性,基于色彩三要素归纳出汽车主色彩的设计要素及其类目,见表 1。

表1 汽车主色彩特征解构  
Tab.1 The deconstruction table of car's main color feature

色彩三要素	类目	量化指标
色相 H	暖色 H <sub>1</sub>	[红紫色、红色、红黄色、黄色]
	中性色 H <sub>2</sub>	[黑色、灰色、白色]
	冷色 H <sub>3</sub>	[黄绿色、绿色、蓝绿色、蓝色、蓝紫色、紫色]
饱和度 S	低饱和度 S <sub>1</sub>	[0、33]
	中饱和度 S <sub>2</sub>	[34、67]
	高饱和度 S <sub>3</sub>	[68、100]
亮度 B	低亮度 B <sub>1</sub>	[0、33]
	中亮度 B <sub>2</sub>	[34、67]
	高亮度 B <sub>3</sub>	[68、100]

基于表1汽车主色彩特征解构表,应用图像处理软件提取了24个研究样本主色彩的HSB数值,量化结果见表2。

#### 4.3 汽车色彩意象与色彩特征之间的关联度分析

依据式(3),由表1和表2可获取适用于数量化I类模型的数据结构。并在此基础上结合汽车色彩意象评价值,应用式(4)计算汽车色彩各意象与各设计要素、类目之间的关联性,以“保守的-时尚的”目标

意象为例,计算结果见表3。

由表3可知,复相关系数为0.907,表明该模型的精度较高,计算结果较准确。在色彩特征中,对汽车色彩意象“保守的-时尚的”影响较大的设计要素为色彩的饱和度。各类目中冷色、高饱和度以及高亮度的权重较大,即冷色系、高饱和度和高亮度对汽车色彩时尚度的影响较高。此结果可有效地辅助完成汽车色彩的研发。

表2 研究样本主色提取及量化  
Tab.2 The extraction and quantification of research sample main color

序号	H°	S%	B%	序号	H°	S%	B%	序号	H°	S%	B%
样本1	34	19	59	样本9	212	58	31	样本17	359	77	67
样本2	1	94	64	样本10	213	64	51	样本18	31	21	59
样本3	0	0	91	样本11	0	0	53	样本19	0	0	9
样本4	32	13	45	样本12	192	100	76	样本20	355	63	37
样本5	240	5	58	样本13	36	94	84	样本21	330	29	38
样本6	240	4	18	样本14	216	3	73	样本22	35	33	55
样本7	213	19	23	样本15	0	0	0	样本23	353	100	89
样本8	20	76	71	样本16	357	80	98	样本24	220	110	65

表3 “保守的-时尚的”与色彩特征之间的关联度  
Tab.3 The relationship between "Conservative-Fashionable" and color features

色彩三要素	类目	标准系数	偏相关系数	复相关系数
色相 H	H <sub>1</sub>	-0.043	0.417	0.907
	H <sub>2</sub>	-0.156		
	H <sub>3</sub>	0.441		
饱和度 S	S <sub>1</sub>	-0.326	0.598	
	S <sub>2</sub>	0.290		
	S <sub>3</sub>	0.441		
亮度 B	B <sub>1</sub>	-0.470	0.574	
	B <sub>2</sub>	0.008		
	B <sub>3</sub>	0.322		

### 4.4 汽车色彩意象本体的可视化

基于汽车色彩的 6 组目标意象、设计要素及其类目，依据数量化 I 类的计算结果进行汽车色彩意象知

识的逻辑量化，构建汽车色彩意象本体模型，其视觉化表达结果见图 4。该模型可实现各知识间关系的明晰化表达，方便设计知识的存储与检索重用，进而提高研发效率。

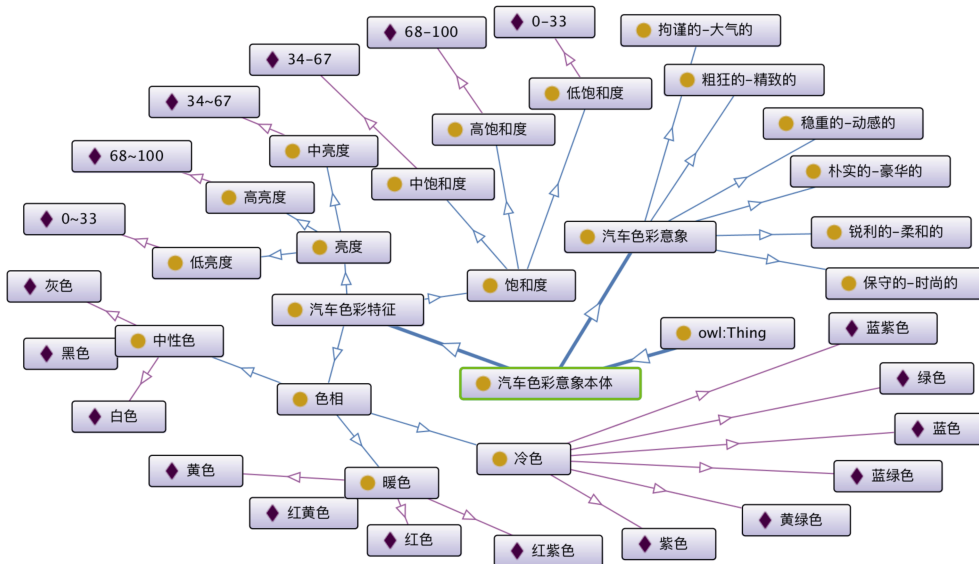


图 4 汽车色彩意象本体  
Fig.4 The color image ontology of car

为检验汽车色彩意象本体模型的高效性，以“稳重的-动感的”意象为例，检索结果见图 5。可知在汽车色彩意象设计中，对该意象影响权重较大的设计要素

素为色彩的亮度，各类目中冷色、高饱和度和高亮度的贡献量较大。由此可为动感的汽车色彩设计提供研发方向。

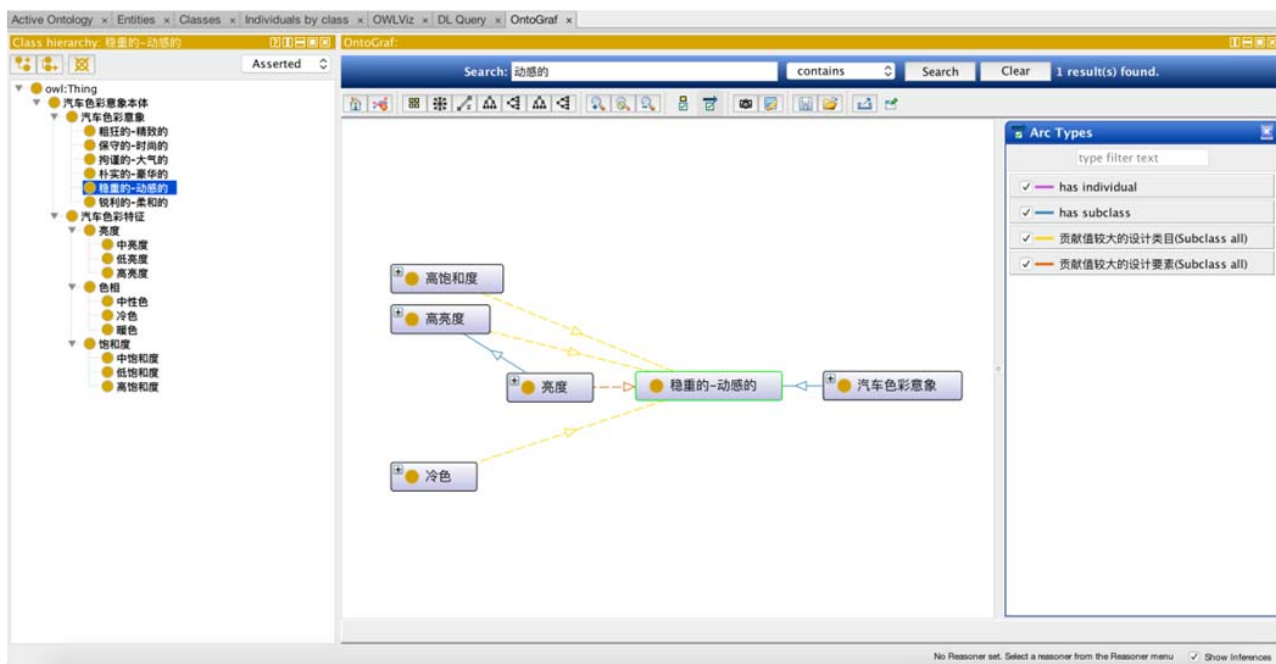


图 5 检索汽车“稳重—动感的”意象设计知识  
Fig.5 The search results about "Stable & Dynamic" image design knowledge of car

## 5 结语

应用感性工学的技术方法，探索了产品色彩意象

知识的表达与重用，并以汽车主色彩为例构建了色彩意象本体模型，实现了汽车色彩意象知识的逻辑量化，用以指导汽车色彩意象设计。主要结论如下：(1)

基于数量化 I 类, 挖掘产品色彩意象本体概念间的关系, 完成产品色彩意象的语义描述、产品色彩特征的解析以及两者之间关联性的量化表达; (2) 依据本体关系的视觉呈现方式, 实现色彩意象知识的明晰化表达, 便于设计知识的快速提取与重用。

在后续的研究中, 将在汽车主色彩意象研究的基础上全面考虑其他影响要素, 如汽车配色、点缀色等, 完善汽车色彩意象本体模型。为更好地掌握用户的色彩需求, 把握市场方向, 在此基础上将进行符合人们情感需求的产品色彩趋势预测。

#### 参考文献:

- [1] PALMER S E, SCHLOSS K B. An Ecological Valence Theory of Human Color Preference [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2010, 107(19): 8877—8882.
- [2] 刘翔宇, 王坤, 王强. 色彩的隐喻性特征在手机 UI 设计中的运用[J]. 包装工程, 2018, 39(8): 200—204.  
LIU Xiang-yu, WANG Kun, WANG Qiang. Application of Metaphorical Characteristics of Color in Mobile Phone UI Design[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(8): 200—204.
- [3] HANADA M. Correspondence analysis of color-emotion associations. Color Research & Application[J]. 2018, 43(2): 224—237.
- [4] 卢章平, 顾青青, 李明珠, 等. 汽车车身色彩意象认知研究[J]. 包装工程, 2014, 35(20): 20—24.  
LU Zhang-ping, GU Qing-qing, LI Ming-zhu, et al. Image Cognition of Automobile Color[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(20): 20—24.
- [5] 丁田妹, 车建明. 基于粗糙集的产品色彩意象规则挖掘[J]. 机械设计, 2017, 34(4): 113—117.  
DING Tian-mei, CHE Jian-ming. Rules Mining of Product Color Image Based on Rough Set[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(4): 113—117.
- [6] JIAN Z, XU B, JIN L. The Localization Algorithm of Human Body Based on Omnidirectional Vision[C]// IEEE. 2011 6th IEEE Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference. China: IEEE, 2011: 172—176.
- [7] 李江泳. 基于品牌识别的工程机械色彩设计研究[J]. 图学学报, 2014, 35(3): 423—428.  
LI Jiang-yong. Research of Color Scheme for Construction Machine Based on Brand Identity[J]. Journal of Graphics, 2014, 35(3): 423—428.
- [8] TAKAHASHI F, KAWABATA Y. The Association Between Colors and Emotions for Emotional Words and Facial Expressions[J]. Color Research & Application, 2018, 43(2): 247—257.
- [9] JANSSEN A, KLEIN C, SLOORS M. What is a Cognitive Ontology, Anyway?[J]. Philosophical Explorations, 2017, 20(2): 123—128.
- [10] 白作霖, 李春波, 张定红, 等. 基于知识共享重用的智能检测规划系统开发平台 IIPDP 的研究与实现[J]. 机械设计, 1998, 15(4): 13.  
BAI Zuo-lin, LI Chun-bo, ZHANG Ding-hong, et al. Research and Implementation of Intelligent Detection Planning System Development Platform IIPDP Based on Knowledge Sharing and Reuse[J]. Journal of Machine Design, 1998, 15(4): 13.
- [11] 赵蒙成, 王会亭. 具身认知: 理论缘起、逻辑假设与未来路向[J]. 现代远程教育研究, 2017(2): 28—33.  
ZHAO Meng-cheng, WANG Hui-ting. Embodied Cognition: The Origin of Theory, the Logical Assumptions and the Future Trends[J]. Modern Distance Education Research, 2017(2): 28—33.
- [12] 陈星宇, 黄俊文, 周展, 等. 基于本体论的大数据下用户需求表征[J]. 深圳大学学报理工版, 2017, 34(2): 173—179.  
CHEN Xing-yu, HUANG Jun-wen, ZHOU Zhan, et al. Ontology-based User Requirements Representation in the Context of Big Data[J]. Journal of Shenzhen University, 2017, 34(2): 173—179.
- [13] 胡浩, 傅望, 秦菊英, 等. 面向意象移植的产品风格本体建模研究[J]. 人类工效学, 2015, 21(3): 60—63.  
HU Hao, FU Wang, QIN Ju-ying, et al. Research on Product Style Ontology Modeling for Image Porting[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2015, 21(3): 60—63.
- [14] 中国品牌力指数<sup>SM</sup>(C-BPI®)研究成果发布平台. Chnbrand 中国品牌力指数<sup>SM</sup>(C-BPI®)主流汽车品牌排行榜[EB/OL]. [2018-08-30]. <http://www.chn-brand.org/c-bpi/zhuliuch1.html>.  
Publishing Platform about the China Brand Power Index Research Results. Mainstream car brand rankings of the China Brand Power Index[EB/OL]. [2018-08-30]. <http://www.chn-brand.org/c-bpi/zhuliuch1.html>.
- [15] 中国顾客满意度指数<sup>SM</sup>(C-CSI®)研究成果发布平台. Chnbrand 中国顾客满意度指数<sup>SM</sup>(C-CSI®)主流车满意度排行榜[EB/OL]. [2018-08-30]. <http://www.chn-brand.org/c-bpi/kouxt1.html>.  
Publishing Platform about the China Customer Satisfaction Index Research Results. Mainstream car satisfaction rankings of the China Customer Satisfaction Index[EB/OL]. [2018-08-30]. <http://www.chn-brand.org/c-bpi/kouxt1.html>.